

EP04/56782



|                   |     |
|-------------------|-----|
| REC'D 24 AUG 2004 |     |
| WIPO              | PCT |

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 103 21 953.6

**Anmeldetag:** 15. Mai 2003

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE

**Bezeichnung:** Verfahren und Netzknoten für eine selbst-  
regulierende, autonome und dezentrale  
Verkehrsverteilung in einem Mehrwege-Netz

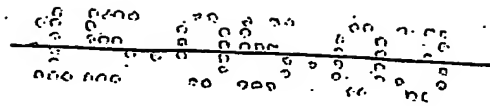
**IPC:** H 04 L 12/56

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 9. Juni 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

*Weller*

Wegner



## Beschreibung

Verfahren und Netzknoten für eine selbst-regulierende, autonome und dezentrale Verkehrsverteilung in einem Mehrwege-Netz

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verkehrslastumverteilung als Reaktion auf eine Verkehrsüberlast oder einen Linkausfall und einen Knoten für ein paketbasiertes Netz mit Mehrwegeverteilung.

Ein zur Zeit zu beobachtender Trend ist die Zusammenführung von hochbitratigen paketbasierten Datennetzen mit Kommunikationsnetzen mit definierter Dienstgüte. Heutige Datennetze wie das Internet benötigen daher neue Mechanismen, um neuartige Dienste unterstützen zu können. Diese neuen Dienste betreffen vor allem sogenannten Echtzeitverkehr, wie z.B. Sprachdaten und Videodaten.

Der Erfolg des Internets als meistbenutztes Medium zum Versenden bzw. Übertragen von Daten beruht zum großen Teil auf seiner Flexibilität. Mittels der IP (Internet Protocol) Technologie wird ein sogenanntes destination based routing, d.h. eine zielbezogene Paketvermittlung durchgeführt. IP-Pakete beinhalten eine Ursprungs- und eine Zieladresse, anhand derer lokal Routingentscheidungen getroffen werden. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von einem Routing auf einer per Hop-Basis, d.h. Router leiten nach Maßgabe der im Datenpaket angegebenen Zieladresse zu einem nächsten Knoten (next Hop) weiter. Die herkömmliche IP-Technologie hat den wichtigen Vorteil, dass keine Zustände im Netz gehalten werden müssen, und dass keine vorhergehende Wegfestlegung für die Übertragung von Datenpaketen vorgenommen werden muss. Die Vermittlung der Pakete erfolgt heute auf einer „best-effort“-Basis, d.h. es wird keine Garantie hinsichtlich der Dienstgüte übernommen.

Das zur Zeit am meisten verbreitete Routingprotokoll einer unabhängigen Netzdomäne (auch Autonomes System genannt), das sogenannte OSPF (Open Shortest Path First) Protokoll, verwendet einen verteilten Routingansatz. Die Topologie des Netzes ist dabei jedem Knoten bekannt und wird durch sogenannte Link-State-Advertisement Nachrichten an alle Knoten des Netzes verteilt. Basierend auf Link-Metriken wird in jedem Knoten selbständig für alle ihm bekannten Ziele je ein kürzester Pfad berechnet. Der Ausfall eines Links führt zu einer Neuberechnung der Pfade.

Zur Verbesserung der möglichen Netzauslastung von IP-Netzen im Hinblick auf neue Dienste mit Dienstgüteanforderungen werden zwei wichtige Ansätze verfolgt. Ein Ansatz sieht vor, zwischen einer Quelle und einer Senke bzw. einem Ursprung und einem Ziel mehr als einen Weg zu installieren, um so durch die Verteilung über verschiedene Wege auf Engpass-Situation bzw. Störsituationen reagieren zu können. Das Routingprotokoll OSPF wurde in diesem Sinne durch Einführung des Equal Cost Multipath (ECMP) Konzepts erweitert, das eine gleichzeitige Verwendung von mehreren, im Sinne einer Metrik gleich langen kürzesten Pfaden, zwischen einer Quelle und einer Senke ermöglicht. Das Verfahren erlaubt es, den Verkehr auf Pfade gleicher Länge zu verteilen. Eine Erweiterung dieses Konzeptes ist darin zu sehen, mit Hilfe von Traffic Engineering Mechanismen, d.h. mit Mechanismen zur Kontrolle und Steuerung des Paketverkehrs, anhand gemessener oder berechneter Netzbeanspruchungen die Linkauslastungen zu optimieren. Das sogenannte OSPF-TE (TE: Traffic Engineering) Verfahren versucht durch Anpassung der im Netz verteilten Link-Metriken abhängig von der Auslastung der jeweiligen Links eine gleichmäßige Verteilung des Verkehrs im Netz zu ermöglichen. Die Ansätze für ein Mehrwegerouting verfolgen typischerweise eine zentrale Lastverteilungsberechnung, d.h. es wird an zentraler Stelle bzw. von einer zentralen Instanz entschieden, wie die Verteilung der Pakete vorzunehmen ist.



gerweise im Sinne einer Metrik gleiche Länge. Ein Ziel ist üblicherweise gegeben durch das in einer Routingtabelle festgehaltene Routingkriterium der einzelnen Knoten. Dieses ist nicht notwendigerweise identisch mit der üblicherweise im Paket angegebenen Zieladresse, sondern kann z.B. aus einem Teil der Zieladresse bestehen. Bei IP-Netzen orientieren sich die Knoten bzw. Router in der Regel an dem Teil der Adresse, die das Netz bezeichnet, in welchem der IP-Netz-Endpunkt (z.B. Host Gateway) liegt, der der vollständigen Zieladresse des Paketes entspricht.

Erfindungsgemäß nehmen Knoten des Netzes selbständig bzw. autonom eine Verteilung der Pakete bzw. Lastverteilung auf die Links eines Wegefächers vor. Die Änderung dieser Lastverteilung erfolgt auch autonom durch die Knoten. Ein Knoten überwacht die von ihm auf einen Link weitergeleitete Verkehrs-  
last, bzw. Rate an Paketen. Wenn nun eine Überlast bei einem Link auftritt, wird diese von dem Knoten detektiert und daraufhin eine Überlastabwehrmaßnahme eingeleitet. Die primäre Überlastabwehrmaßnahme besteht darin, Verkehr von dem überlasteten Link auf andere Links des zugehörigen Fächers umzuverteilen. Entsprechend kann eine Reaktion auf einen Linkausfall durch Umverteilung auf nicht ausgefallene Links des zugehörigen Wegefächers vorgesehen werden.

Die Erfindung hat den Vorteil, dass von dem Knoten autonom eine Überlastabwehrreaktion vorgenommen wird, d.h. lokal eine Umverteilung stattfindet. Es ist keine komplexe Signalisierung oder Propagation von Nachrichten durch das ganze Netz von Nöten, die die Komplexität des Routingprotokolls sehr erhöhen würde. Weiter ist keine zentrale Instanz, weder zur Kontrolle, noch zur Festsetzung von Verteilgewichten bei einer eventuellen Neuberechnung von Gewichten von Nöten. Stattdessen wird eine Neufestsetzung von Gewichten für das Routing entlang eines Fächers von den jeweiligen Knoten vorgenommen. Eine zentrale Steuerinstanz ist bzgl. Eventuellen Störungen

der Instanz ein Schwachpunkt, der in der vorliegenden Erfindung vermieden wird.

Die erfindungsgemäße Umverteilung bzw. Aufteilung des Verkehrs auf verschiedene Wege kann in dem Sinne stufenlos erfolgen, als dass beliebige Aufteilungsverhältnisse von Paketen auf Links eines Wegefächers möglich sind. Das kontrastiert zu diversen aktuellen Verfahren für Multipath-Routing (wie z.B. ECMP), welche ein festes Aufteilungsverhältnis vorschreiben. Die Ermittlung von optimalen Aufteilungsverhältnissen kann beispielsweise mittels der Verkehrsmatrix, d.h. der gemessenen oder berechneten Verkehrsbelastungen der Links, erfolgen. Alternativ ist es möglich, durch einen Regelprozess die Aufteilungsverhältnisse zu optimieren. Dabei werden die veränderten Linkbelastungen bei einer Verkehrsumverteilung zu den Verkehrsumverteilungsmaßnahmen in Relation gesetzt und so die Verteilungsmaßnahmen für eine Vermeidung von Überlastsituationen ermittelt.

20 Entsprechend einer Weiterbildung wird eine Lastumverteilung durch die einzelnen Knoten oder durch einen einzelnen Knoten schrittweise vorgenommen. Dabei werden nach Abschluss eines Schrittes während eine Wartezeit oder eine Zeitspanne keine weiteren Verkehrsumverteilungsmaßnahmen durchgeführt. Nach Ablauf der Zeitspanne wird ein evtl. notwendiger nächste Schritt der Lastumverteilung begonnen. Dadurch haben die nachfolgenden Knoten eines, eine Abwehrmaßnahme einleitenden Knoten die Möglichkeit, eine eventuell durch die Umverteilung an ihnen entstandene Überlast aufzulösen und ihrerseits wiederum den Verkehr umzuverteilen. Zudem kann durch eine schrittweise Lastanpassung einem Schwingen des Systems entgegengewirkt werden.

35 Der Erfindungsgegenstand kann für Situationen weitergebildet werden, bei denen durch Umverteilung innerhalb eines Fächers keine Auflösung der Überlast realisiert werden kann bzw. bei Ausfall eines Links die Datenpakete nicht auf die anderen

Links des zugehörigen Wegefächers verteilt werden können, ohne auf einen dieser Links eine Überlast zu generieren. Dazu sendet ein überlasteter Knoten zumindest an einen ihm vorgelagerten Knoten eine Nachricht, mit der er diesen Knoten veranlasst, seinerseits wieder eine Umverteilung in dem Sinne vorzunehmen, dass zu dem betroffenen Knoten weniger Datenpakete übertragen werden. Vorgelagert bezieht sich dabei auf die Wege der auf den durch die Überlast bzw. den Linkausfall betroffenen Verteilungsfächer verteilten Pakete. Dieses Verfahren lässt sich rekursiv bzw. kaskadenartig auf die vor dem betroffenen Knoten vorgelagerten Knoten ausdehnen, so dass jeder Knoten, der eine Nachricht zur Anforderung einer Umverteilung erhält, dieser aber nicht durch Umverteilung innerhalb des Fächers bzw. von Fächern realisieren kann, seinerseits wieder Nachrichten an ihm vorgelagerte Knoten sendet, so dass diese ihrerseits wieder den Verkehr durch Umverteilung verringern. Dabei ist sinnvoll, wenn in einer Nachricht zur Veranlassung einer Umverteilung eine Information über die benötigte Verkehrslastverringern, d.h. z.B. ihrer Art und ihrem Umfang enthalten ist. Dieses Verfahren führt in der Regel auf Grenzen, wenn ein Randknoten des Netzes eine Nachricht zur Überlastverringern erhält. Denn Randknoten können in der Regel nicht mittels des innerhalb des Netzes verwendenden Protokolls zur Nachrichtenübermittlung mit Knoten eines anderen Netzes kommunizieren. Ein solcher Randknoten kann zur Verringerung des von ihm abgehenden Verkehrs, den im Rahmen einer Netzzugangskontrolle von ihm in das Netz gelassenen Verkehr verringern, um so die benötigte Verkehrslastreduzierung zu bewirken. Zugangskontrollen werden häufig in Datenetzen eingesetzt, die eine Übertragung unter Einhaltung von Dienstgütemerkmalen gewährleisten sollen.

Der Erfindungsgegenstand beinhaltet auch einen Netzknoten bzw. Router, der aufgrund einer Verkehrsüberlast zum Umverteilen von Verkehr auf andere, von Knoten abgehende Links ausgestattet ist. Ein solcher Knoten kann auch zusätzlich mit Mitteln zum Senden von Nachrichten versehen sein, wobei diese

Nachrichten bei vorgelagerten Knoten eine Umverteilung des Verkehrs bewirken können. Diese Mittel beinhalten beispielsweise Softwaremodule, die das dem Senden der Nachrichten zugrunde liegende Protokoll unterstützen.

5

Der Erfindungsgegenstand wird im Folgenden anhand von zwei Figuren im Rahmen eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

10 Fig.1: Ein Netzausschnitt mit Knoten und Links.

Fig.2: Eine zugehörige Tabelle mit Angaben über den im Netzausschnitt gezeigten Knoten zugeordneten Verteilungsfächer.

15 In der Figur 1 sind Knoten 1 bis 6 und Links (Verbindungen zwischen den Knoten) LIJ, I, J aus {1,2,3,4,5,6,7} dargestellt. Dabei ist einem Link eine Richtung zugeordnet. Z.B. führt der Link L31 vom Knoten 3 zum Knoten 1. Der Gesamtverkehr auf dem zugehörigen physikalischen Link zwischen den Knoten 3 und 1 setzt sich dann zusammen aus dem Verkehr des Links L31 und des Links L13, falls vorgesehen ist, von dem Knoten 1 zum Knoten 3 Pakete zu senden. In der Figur sind der Einfachheit halber nur Links mit einer Richtung gezeigt. Figur 2 zeigt eine Tabelle mit verschiedenen vom Knoten 3 abgehenden Wegefächern. Die erste Spalte D (D: für destination) gibt das Ziel bzw. die Senke von von Knoten 3 weitergeleiteten Paketen an. Vereinfachend ist dabei angenommen, dass jeder der anderen dargestellten Knoten als Ziel für die Versendung von Paketen in Frage kommt. Die zweite Spalte gibt die Wegefächer WF zu den jeweiligen Zielen an. Z.B. ist zu dem Ziel, das durch den Knoten 1 gegeben ist, ist ein Fächer definiert, der aus drei Links besteht, wobei einer direkt zu dem Knoten 1 führt und die anderen beiden jeweils über den Knoten 2 bzw. 7. Das Verteilungsverhältnis R (R: für Ratio) bzw. die Lastverteilung auf diesen Verteilungsfächer bzw. Wegefächer ist in der dritten Spalte der Tabelle angegeben. So werden 70 % des Verkehrs direkt zu Knoten 1 geleitet, während

20

30

35





## Patentansprüche

1. Verfahren zur Verkehrslastumverteilung als Reaktion auf eine Verkehrsüberlast oder einen Linkausfall in einem mit Knoten (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7) und Links (L31, L32, L37, L71, L21, L42, L43, L67, L53, L54, L56) gebildeten paketbasierten Netz mit Mehrwegeverteilung von Paketen, wobei zumindest für einen Teil der Knoten Pakete mit demselben Ziel auf wenigstens zwei Links, die einem dem Ziel zugeordneten Weggefächer (L31, L32, L37) zugehören, verteilbar sind, demzufolge
  - durch einen Knoten (3) das Überschreiten einer Obergrenze durch die Verkehrslast auf einem von ihm abgehenden Link (L31) oder der Ausfall eines von ihm abgehenden Link (L31) festgestellt wird,
  - durch den Knoten (3) unabhängig von externen Steuerinstanzen eine Verkehrslastumverteilung vorgenommen wird, indem zumindest ein Teil der Pakete, welche bei unveränderter Lastverteilung über den abgehenden Link (L31) gelenkt würden, auf eine oder mehrere andere vom Knoten (3) abgehende Links (L32, L37) gelenkt werden, welche dem selben Weggefächer (L31, L32, L37) zugeordnet sind.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
  - die Verkehrslastumverteilung schrittweise betreffs Anteile der Überlast vorgenommen wird, und
  - nach Abschluss eines Schrittes eine Zeitspanne bis zur Einleitung des nächsten Schrittes gewartet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass
  - wenn durch die Verkehrslastumverteilung nicht erreicht wird, dass die Verkehrslast die Obergrenze unterschreitet ohne ein Überschreiten einer anderen Obergrenze auf einem von dem Knoten abgehenden Link zu bewirken, eine Nachricht an einen bzgl. über den Weggefächer (L31, L32, L37) verteilte Pake-

10

te vorgelagerten Knoten (4,5) gesendet wird, durch die eine Verkehrslastumverteilung dieses vorgelagerten Knotens (4,5) zur Verringerung der durch die an den gesendeten und über den Wegefächer (L31, L32, L37) verteilten Verkehrslast bewirkt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass

- eine Nachricht an bzgl. der über den Wegefächer (L31, L32, L37) verteilte Pakete unmittelbar vorgelagerten Knoten (4,5) zwecks Verkehrslastumverteilung dieser vorgelagerten Knoten zur Verringerung der durch die an den gesendeten und über den Wegefächer (L31, L32, L37) verteilten Verkehrslast gesendet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass

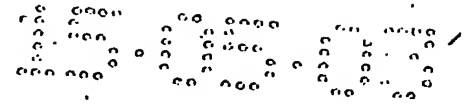
- die Nachricht eine Information über die benötigten Verkehrslastverringerung enthält.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 5, dadurch gekennzeichnet, dass

- ein benachrichtigter vorgelagerter Knoten (4,5), der nicht durch Verkehrslastumverteilung die benötigte Verkehrslastverringerung für den betroffenen Knoten erzielen kann, ohne ein weiteres Überschreiten einer Obergrenze für eine Verkehrslast zu verursachen, seinerseits eine Nachricht an einen ihm vorgelagerten Knoten schickt, wodurch dieser veranlasst wird, durch Verkehrslastumverteilung bzw. das Senden von Nachrichten an vorgelagerte Knoten die benötigte Verkehrslastreduzierung vorzunehmen.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass

- vorgelagerte Knoten, welche eine Nachricht von dem betroffenen Knoten (3) oder von einem vorgelagerter Knoten (4,5) erhalten, entweder durch Verkehrslastumverteilung die ent-



11.

sprechend der erhaltenen Nachricht benötigte Verkehrslastreduzierung realisieren oder an zumindest eine Nachricht an einen vorgelagerten Knoten zur Verkehrslastreduzierung senden.

- 5 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass
- ein Randknoten, der eine Nachricht zur Verkehrslastreduzierung eines vorgelagerten Knotens erhält, durch Verringerung der Grenzen für eine Zugangskontrolle zum Netz die benötigte
- 10 Verkehrslastreduzierung bewirkt.
9. Knoten (3) für ein paketbasiertes Netz mit Mehrwegeverteilung, mit
- Mitteln zur Erkennung einer Verkehrsüberlast auf einem von
- 15 ihm abgehenden Link und
- Mitteln zur Umverteilung von Verkehr auf andere von dem Knoten (3) abgehende und zum selben Verteilungsfächer gehörige Links.
- 20 10. Knoten (3) nach Anspruch 9, mit
- Mitteln zum Senden von Nachrichten an einen im Bezug auf über den Verteilungsfächer (L31, L32, L37) gesendete Pakete vorgelagerten Knoten (4,5) zur Anforderung einer Verkehrsreduzierung des von dem vorgelagerten Knoten (4,5) übertragenen Verkehrs.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass
- 30 - ein Knoten, der selbst Verkehr erzeugt, im Falle einer erwünschten Verkehrslastreduzierung den selbst erzeugten Verkehr reduzieren kann.

## Zusammenfassung

Verfahren und Netzknoten für eine selbst-regulierende, autonome und dezentrale Verkehrsverteilung in einem Mehrwege-Netz

5 Erfindungsgemäß wird eine Verkehrslastumverteilung als Reaktion auf eine Verkehrsüberlast oder einen Linkausfall in einem mit Knoten (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7) und Links (L31, L32, L37, L71, L21, L42, L43, L67, L53, L54, L56) gebildeten paketbasierten Netz mit Mehrwegeverteilung von Paketen auf andere Links (L23, L37) eines zugehörigen Wegefächers (L31, L32, L37) durchgeführt. Die Umverteilung wird autonom durch den dem betroffenen Link (L31) unmittelbar vorgelagerten Knoten (3) durchgeführt. Entsprechend einer Weiterbildung werden dem betroffenen Knoten (3) vorgelagerte Knoten (4, 5) benachrichtigt und ihrerseits zu einer den betroffenen Knoten (3) entlastenden Umverteilung veranlasst, wenn durch die Umverteilung durch den betroffenen Knoten (3) Überlastfreiheit bei dem Wegefächer (L31, L32, L37) nicht erreicht werden kann.

10 15 20 Die Erfindung beschreibt einen Mechanismus gegen Überlast und Störfälle, der im Vergleich zu Netzen mit zentraler Steuerinstanz durch die Autonomie der Knoten deutlich flexibler und weniger fehleranfällig reagiert.

Fig.1

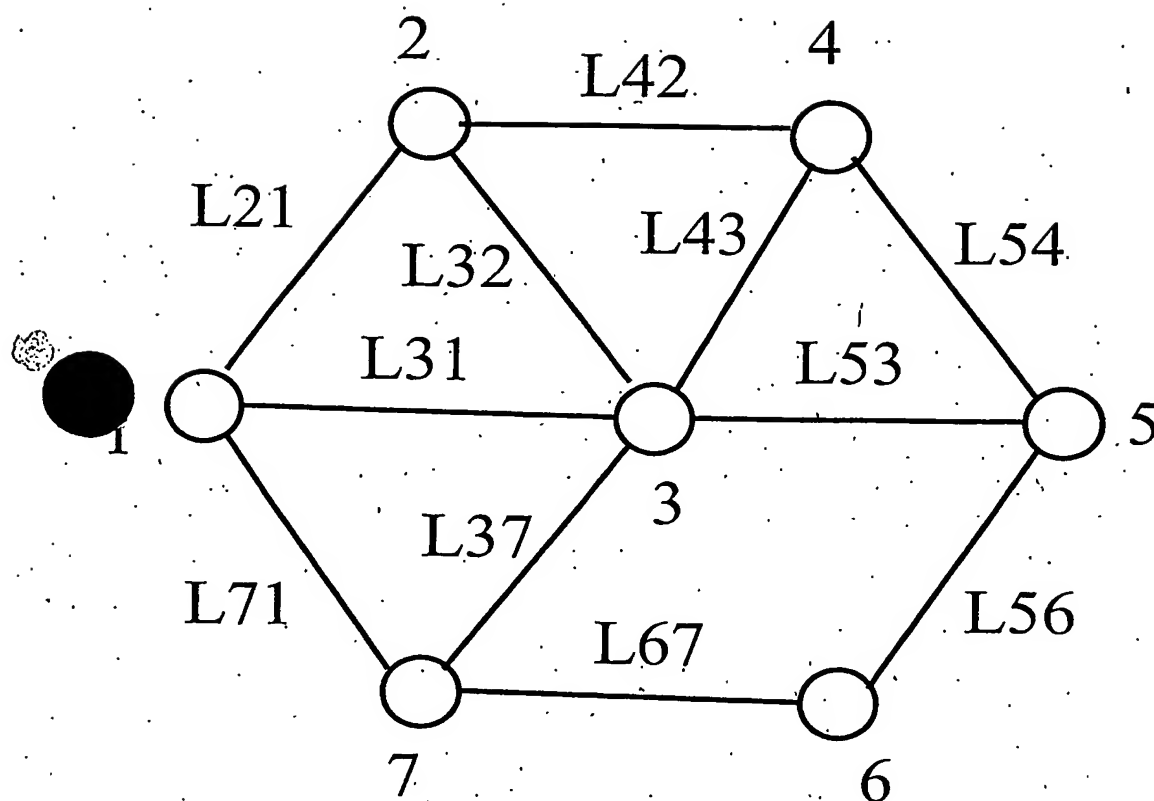


Fig. 1

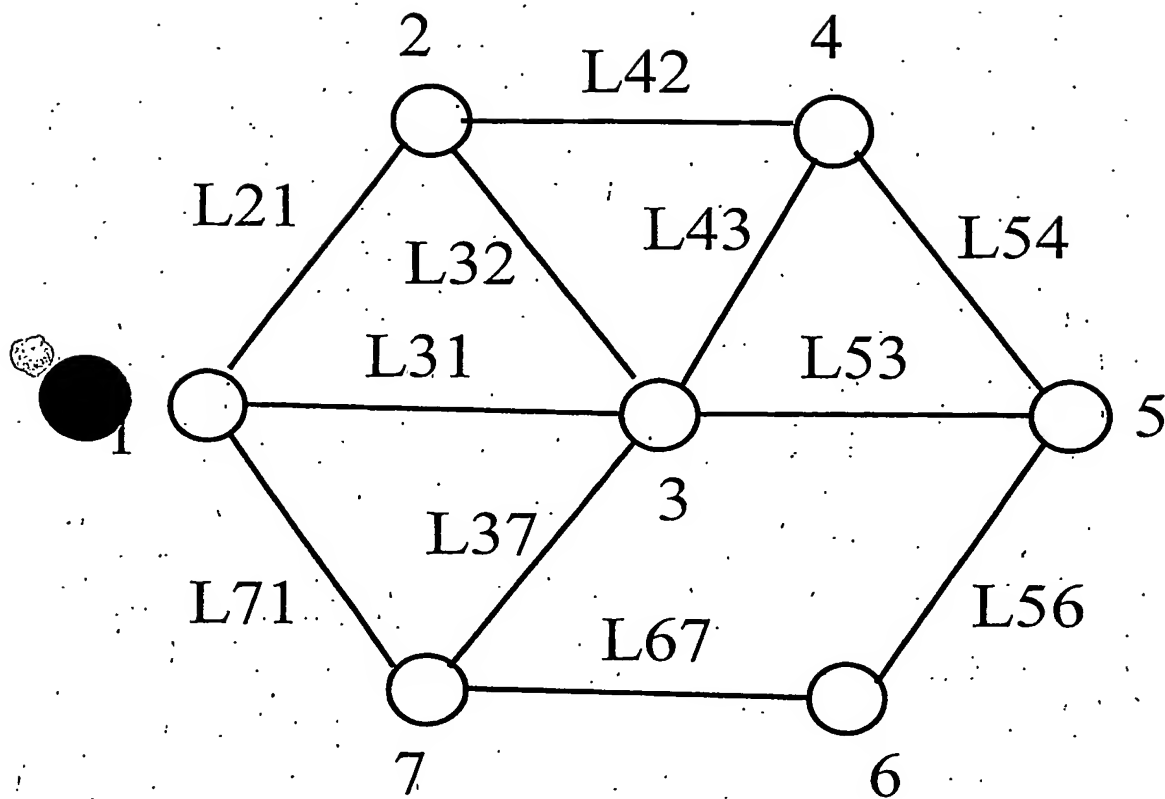


Fig. 1

CONFIDENTIAL

| D | WF  | R   |
|---|-----|-----|
| 1 | L31 | 70% |
|   | L32 | 20% |
|   | L37 | 10% |
| 2 | L32 | 50% |
|   | L34 | 50% |
| 4 | L34 | 22% |
|   | L32 | 65% |
|   | L35 | 13% |
| 5 | L35 | 10% |
|   | L34 | 90% |
| 6 | L35 | 25% |
|   | L37 | 75% |
| 7 | L37 | 12% |
|   | L31 | 88% |

Fig. 2